

炉壁、羽口、鉄滓などからみた古代製鉄炉の技術革新

福島 雅儀

はじめに

1980年代の後半、古代製鉄に関連する遺跡が、福島県浜通り北部の新地町と相馬市の丘陵地帯で数多く発見された。続いて近接する南相馬市地域でも、関連遺跡が広範囲に存在していることが明らかになった。この地域は、東日本でも古代の製鉄に関連する遺跡が集中する場所である。

これまでに検出された最古の製鉄炉跡は、大船迫A遺跡29号製鉄炉跡（以下、大船迫29号等と略記する）である。炉底の形状と排滓方式から、長方形箱形二方向排滓炉としておく。この型式の製鉄炉跡からは、善光寺3式、7世紀中葉の須恵器が出土している。また、これより古い特徴のある製鉄炉跡も検出されている。製鉄技術がこの地域に導入されたのは、各遺跡から出土する土器、須恵器や瓦生産の改革が開始される時期と関連させれば、善光寺2式期（TK217型式期）より古くなることはないであろう。そこで、7世紀中頃から7世紀末までを導入期とする。

これに続くのは、長瀨33号、大船迫A6号、などである。同じく炉形と排滓方向から、長方形箱形一方向排滓炉としておく。この製鉄炉跡からは、国分寺下層式の土師器が出土している。8世紀前半中頃の年代が想定される。製鉄炉数が増加する時期である。またこの頃、新しい構造の製鉄炉も導入される。円筒形の炉体で、これに踏鞴が装着されている。これを踏鞴付筒形炉としておく。この型式の製鉄炉は、8世紀中頃までに出現する。8世紀前半から中頃にかけては、製鉄炉の改良期である。

長方形箱形一方向排滓炉に踏鞴が装着されて、踏鞴付長方形箱形炉となる。この製鉄炉の初期例では、古い段階のロクロ土師器が伴っている。8世紀後半のなかで出現しているのであろう。これとともに踏鞴付筒形炉も、平行して存在している。古代製鉄技術の到達点で、完成期である。この状況は10世紀代まで継続した。

発掘調査によって出土した鉄滓、羽口や炉体は、鉄の生産によって生じる廃棄物である。この観察と分析は、考古学的に製鉄技術を解明する基礎作業である。鉄滓の表面・裏面、内部の形状、羽口の胎土、作り方、熔融過程、付着する熔融物の特徴、炉体構造、その構成物、浸蝕過程、付着物などは、鉄が作り出される過程で生じた製鉄炉内の状況や当時の製鉄技術を反映している。

ところがこれまでの調査報告では、炉体内部の観察や操業による羽口の変化等の分析は、ほとんどなされていない。炉体内部の実測図や写真が報告書に掲載された例の少ないことは、研究の状況を端的に示している。小論では、これらを観察することから、古代製鉄技術の改良について考えてみた。

1 製鉄技術の導入

長方形箱形二方向排滓炉は、基本的に丘陵尾根の上に造られている。遺存しているのは、炉体の下部構造である。丘陵の尾根線と直交する溝状の掘形を造り、この内部を焼き固め、さらに川原石や砂土・焼土などを詰めている。防湿・保温のための造作である。炉体は掘形の中央に造られている。炉体の両端辺に接して排滓溝が設けられ、その先は鉄滓廃棄場となっている。基底部に残された操業時の熱変化から、炉体の大きさは、2～4 m程度と推定されている。

炉体 白河館に収蔵されている炉体破片のうち、確認できたのは炉体中位破片と下端破片である。中位の壁片は、熱変による3層の操業痕が生じている。炉内表面の熔融物、これと接する青灰色の還元部、そして赤褐色の酸化部である。壁土は、泥土とスサで作られている。スサは、茎や葉も比較的長く、量も多い。茎を短く切ったスサの場合は、茎の方向が揃わない状態となる。塗り壁方式で作られたのであろう。スサを含む壁は、操業によって浸食され、また壁自体の保持強度も脆弱なことから、これを支える別の外壁があった（原町Ⅷ、大迫5号など）。そこで、スサ等を混ぜた炉体内側の壁体を内壁、外側を外壁とする。

炉体中部では、木炭と砂鉄が炉底に向かって燃焼温度を上げながら沈下する。木炭が炉内で燃焼して還元雰囲気となり、砂鉄の還元が進む部位である。高炉でいう還元帯に相当する場所である。説明のため、小論でもこの名称を使用する。付着する熔融物は粘りがあり、内部の発泡跡も少ない。また鉄分が乏しく、磁石には反応しない。炉壁が熔けてガラス化した滓である。生成する部位から、これを還元滓としておく。操業時に粘土が熔ける温度まで達し、1,200度（原町Ⅶ）以上の高熱にあったことを示している。

炉体下部の炉内では、分厚いガラス状熔融物と木炭片が混ざった痕跡が残されている。羽口や送風孔から送り込まれた空気と木炭が反応して、高熱の還元雰囲気の中かで砂鉄から鉄が生成する部位である。顕著な発泡が生じ、操業時の温度は約1,500度（原町Ⅶ）以上であろう。

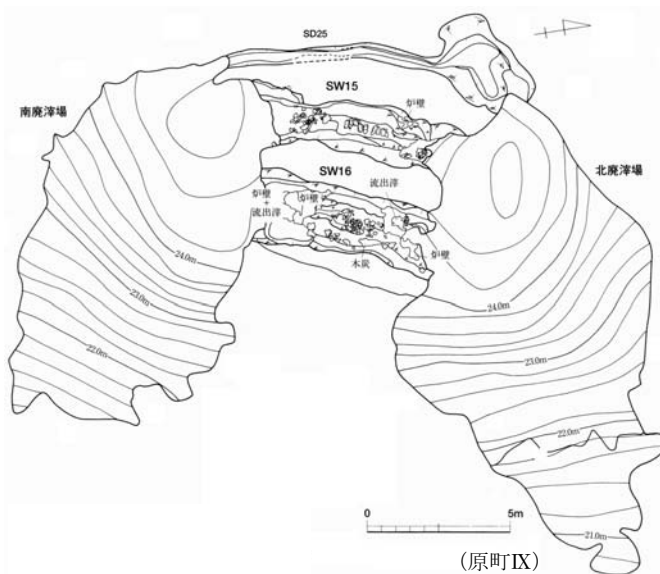
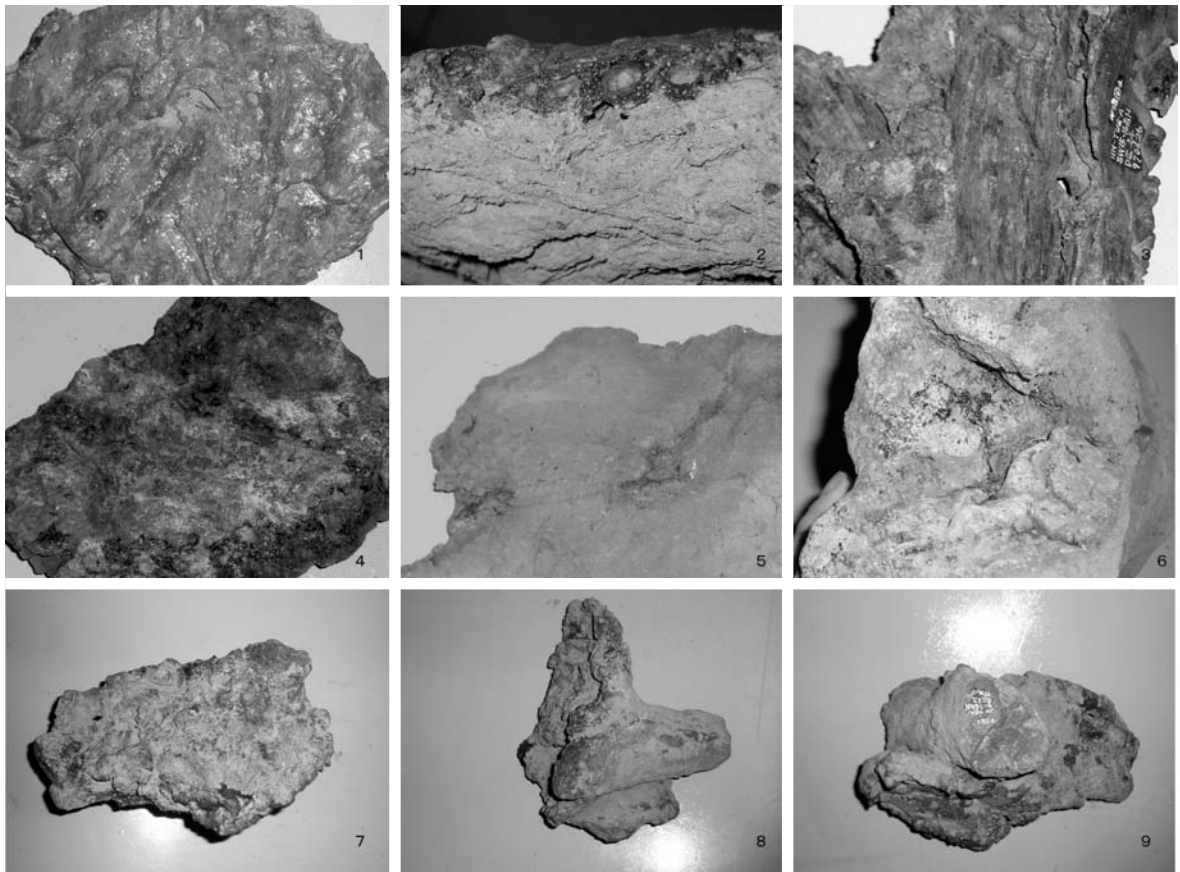


図1 鳥打沢A 15・16号

木炭の痕跡は、幅3 cm程度、長さ6 cm前後の大きさである（原町Ⅵ、鳥打沢A第13図4）。木炭の端部は、直裁された形になっている。小割を行う前に、鋸で長さを切り整えた痕跡であろうか。操業が終了する時点で炉内の温度が下がり、熔融物の硬化が始まった時点の形状を伝えている。鉄滓の形状から、これを発泡滓としておく。

大迫5号（原町Ⅷ）から、炉壁に開口部を設けて送風孔とした痕跡を確認した。長さ35cm、高さ24cmの炉体破片である（図2の4～6）。表面には、



鳥打沢 A 15・16 号 1 炉壁内面 2 炉壁断面 3 発泡滓木炭痕
 大迫 5 号 4 炉壁内面 5 炉壁裏側 6 送風孔側面
 鳥打沢 A 15・16 号第 12 図 13 7 炉壁内面 8 側面 9 裏側 (1～3、7～9 原町 IX、4～6 原町 VIII)

図 2 長方形箱形二方向排滓式製鉄炉跡出土資料

還元滓が厚く付着している。内壁にはモミガラ片やスサが多量に含まれ、熱変化により赤褐色になっている。被熱温度は、素焼き土器の焼成程度であろう。壁体は脆く、手に持っても表面が細かく剥離する状態である。

確認した送風孔の痕跡は、2 個である。芯芯間で 14 cm 離れている。裏面から見て炉壁片中央部の孔は、還元滓が侵入した状態で塞がっている。孔の周辺は還元状態になっている。逆方向の炉体内部からは、還元滓に覆われて確認できない状態である。

もう一つは、断面で確認した。送風孔の断面形は、矩形か三角形と推定され、その二辺が遺存している。孔の底面幅は、6 cm 以上である。還元滓がへばり付くように付着している。この直下の壁面は、厚さ 5 mm 程度で還元している。上方は失われているが、遺存する部分は、還元滓が付着している。炉壁に孔を穿けて送風孔とすれば、垂下する還元滓による閉塞を避ける工夫が必要である。還元滓が、孔の開口部を避ける垂下する道筋を作って、閉塞を防止したのであろう。このほか長瀬 24 号でも、炉体に設けられた送風孔が確認されている（原町 V、第 13 図）。

鳥打沢 A 15・16 号（原町 IX、第 12 図 13）からは、湯口（排滓孔？）付近の炉内滓とされた資料が報告されている。この炉内側上端は還元滓で、そのほかは発泡滓である。炉体下部の

資料である。破片の裏面側には、スサ入り炉壁の形状を反映した痕跡が残っている。下面には、いわゆる流出滓の底面と同じ、表面張力により盛り上がった流入痕のある熔融物が付着している。湯口痕とされる熔融物の断面形は、略三角形である。炉内側が大きく、反対側は小さくなっている。そうして、通常の送風孔と同じく炉内側に傾斜している。

つまりこの資料は、炉壁に設けられた送風孔に、炉内に溜まった鉄滓が流入して生成したと考えられる。発泡滓と送風孔の位置関係からみても、矛盾はない。送風孔を越える高さまで鉄滓が溜まり、送風孔に空気が送入されない状態が生じたと推定される。

鉄 滓 出土した鉄滓は、大きく二つに分かれた。一つの表面は、ホットケーキの生地をフライパンに流したような状態で硬化した形状と近似している。表面張力による盛り上がりがあり、滑らかな表皮が生成している。いわゆる流出滓である。また下面も同様な表皮が形成され、表面張力による凹凸がある。内部には気泡の痕跡がある。あるいは、結晶が発達している場合もある。還元滓と比べて金属分が多く含まれている。比較的重い。滓の成分・硬化、環境による相違であろう。

もう一つは、いわゆる炉内滓の一種である。小さな凹凸や発泡痕がある。多くは小割にされている。また錆の進行によって割れ、崩壊の進む資料もある。還元滓と比べれば重く、表面に大きな泡や木炭片の痕跡はない。

この製鉄型式の炉跡では、操業が終了した時点で、炉底滓が生成した状況の確認された例はない(原町VI、吉野滋夫の指摘)。炉体下部に生成した発泡滓と半熔融を鉄取り出して割り砕き、鉄が取り出したのであろう。操業の終了時に、炉底を除去する必要があったのである。

操 業 スサを多量に混ぜることにより、内壁の熔融が進む。熔けた壁土から生じた熔融物は、炉底に溜まることにより炉内の保温を高め、砂鉄の反応を促進させる。送風孔は、炉体側面に設けられていた。炉体の長辺は、送風装置の操作、炉内管理作業を行う場所である。炉体を大きくして、効率的な半熔融鉄を生成したのである。

生成された半熔融鉄は、タタラ製鉄で鋺が作られた状況と同様な形状となる。タタラ製鉄の鋺は、炉壁に沿った送風孔の下部に成長し、炉底中央部は溝谷状の形状になる。この部分に鉄滓が溜まることになる。炉体も大型で、長瀬 21・31 号では、長さが 3.9 m もある。細長い炉体から、滓を支障なく排出するためにも、炉体の短辺に排出孔が設けられたのであろう。そこで、炉体の主軸を尾根線に直交させ、あるいは斜面の等高線に沿って炉体主軸を設けたのであろう。

この型式の製鉄炉では、排滓量にばらつきがある。大船迫 29・30 号では、合わせて 36 t の排滓が確認されている。これに対して長瀬遺跡では、2 t の 11 号が最大で、多くは 1 t 未満である。

2 送風技術の改良、羽口の装着

長方形箱形一方向排滓炉は、羽口が装着され、炉体短辺の片方から鉄滓が排出される造りで

ある。丘陵南斜面をL字状に削り出して平坦面を造り、炉体の主軸を等高線と直行させて据えられている。炉体から少し離れて、直径1～2mの浅い土坑が配置されている。炉体側面の左右が、操業時の作業場である。

炉壁は、操業が終了する時点で取り壊されている。遺存するのは基底部である。炉底部は還元面となり、まわりには酸化面が形成されている。この型式の製鉄炉跡では、炉底滓がそのまま残されていることも少なくない。炉底面に形成された酸化面や炉底滓からみて、製鉄炉操業前の基底部は、長さ1m以上、幅0.5m程度の大きさである。

炉体の掘形は、隅丸長方形の箱形である。酸化面の約2倍程度である。炉体に比べて大きな掘形である。炉体は、掘形の底面に造られている。操業を繰り返すことにより、炉底の重なりが生まれている。炉体と関連して、尾根側の左右に土坑に連続する溝が設けられている。これは、送風装置との関連が指摘されている（能登谷 2005 など）。丘陵麓側の還元面端付近から下方に向かって、鉄滓廃棄場が広がっている。

炉体 鳥井沢B1号（原町Ⅲ）では、炉壁中部と下部の資料を確認した。中部の破片は、還元滓が付着している。ガラス質で粘りがあり、蜂蜜を流したような形状で垂下している（図5の1・2）。泡の発生は少ない。裏面は酸化により赤褐色になっている。脆い焼土層である。スサが多く含む壁土である。スサの茎方向は一様ではないので、塗り壁方式で貼り付けられたのであろう。

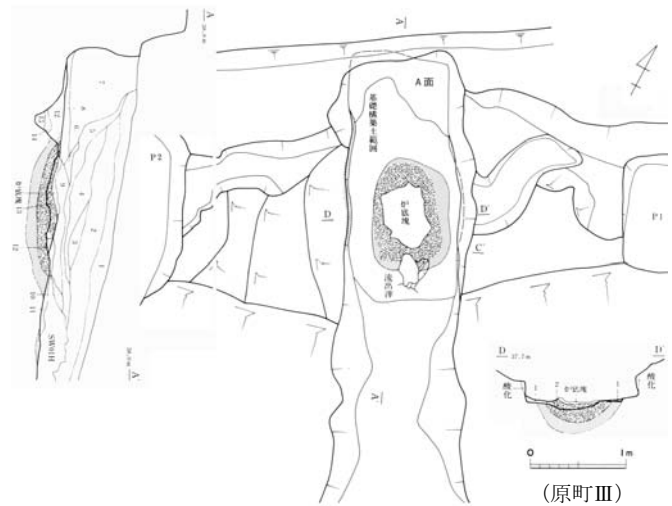
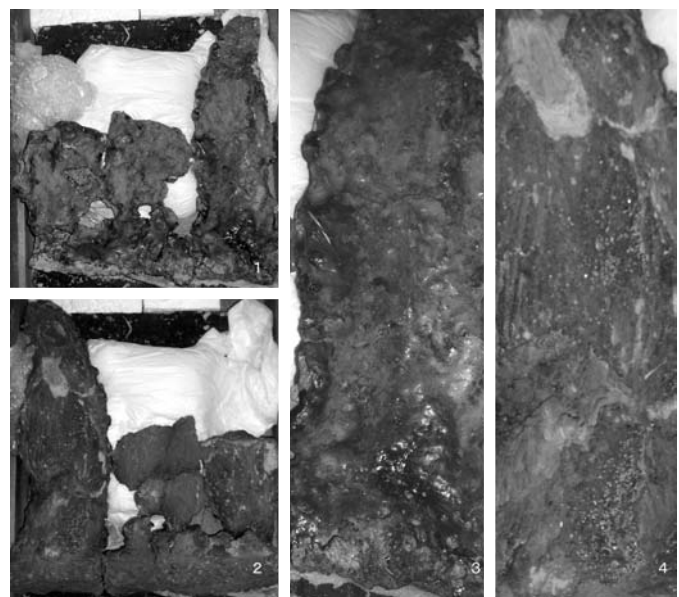


図3 鳥井沢B1号

図5の3・4は、羽口が装着される付近の破片である。熔融物に覆われた木炭が、燃焼によって消滅した痕跡が明瞭である。表面に錆が付着している。しかし、磁石の反応は鈍い。還元滓には、細かな泡が含まれている。激しい発泡状態ではない。炉壁の内部まで、深くガラス質に変化している。炉壁の熔融する温度が、比較的長時間続いたのであろうか。

裏面は弱い還元面である。このうち上半分の壁土には、スサが含まれている。炉体の粘土帯は水平方向に延びて



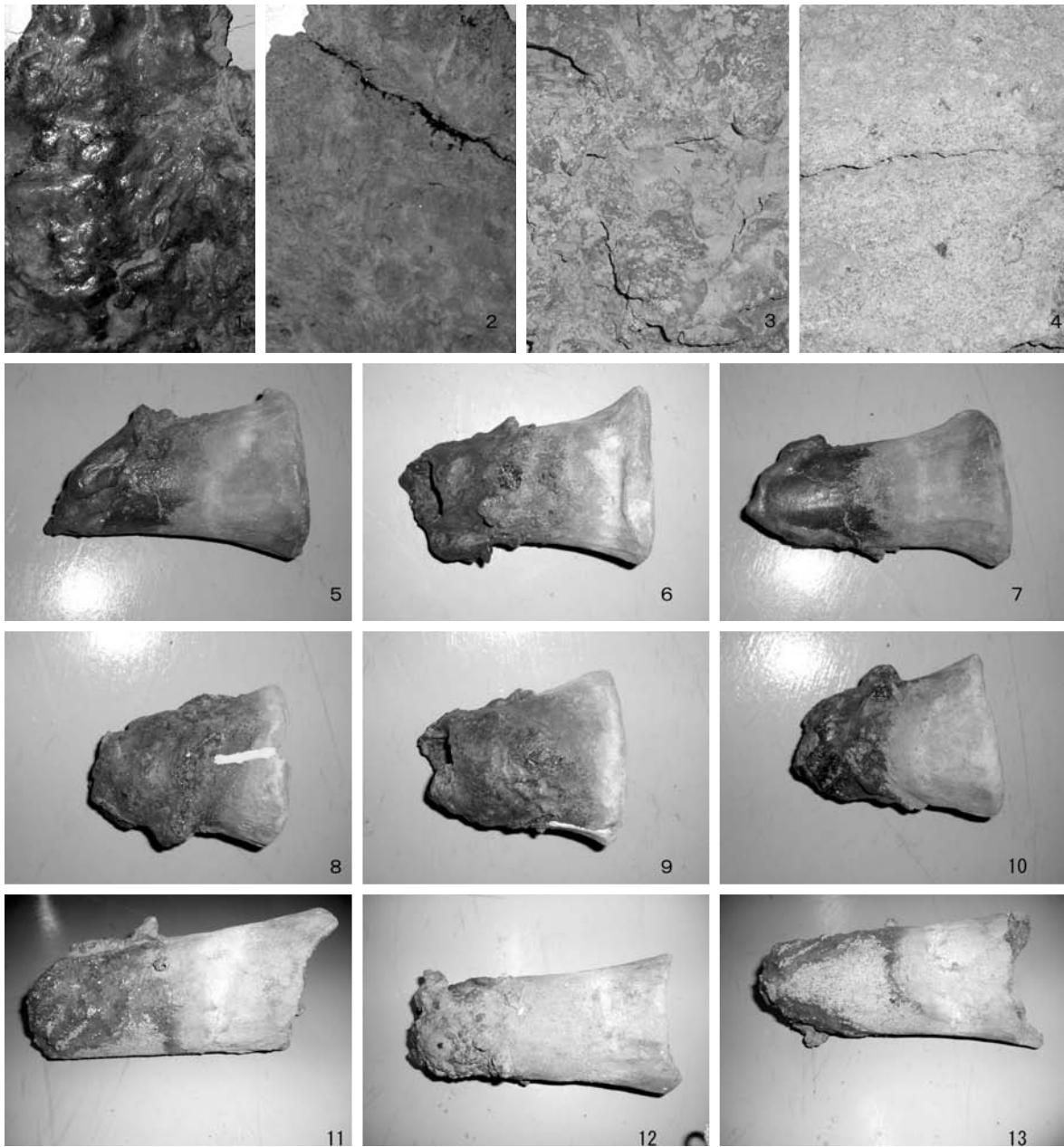
1内面 2裏側 3内面拡大 4裏側拡大（相馬Ⅰ）

図4 相馬市向田G1号炉壁

いる。下半分は砂を含む粘土である。また下端は凹面で、薄いガラス状熔融物が付着している。

向田G1号（相馬Ⅰ）では、縦方向にスサの茎を揃えた柱材様の構築材を3本並べて板塀状とした炉壁が出土している（図4）。長さ40cm以上、幅15cm、厚さ10cm前後の破片である。スサの藁茎に切れ目はなく、下部では大きく曲がっていた。粘土にスサを混ぜたのではなく、藁茎を泥土に沈めて粘土を含着させ、これを固めたものであろうか。藁茎の間隙にある泥土は精良で、砂粒はほとんど見えない。現状の横断面は、表面が浸食を受けて半円形になっているが、本来は円形であろう。

内壁材の表面は、還元滓に覆われている。基底部から30～40cmは、軽いガラス質で、表面



鳥井沢B1号 1 炉体付着還元滓 2 同裏側 3 熔融滓表面 4 同裏側
 長瀬6号 5、8、11 羽口側面 6、9、12 羽口上面 7、10、12 羽口下面（原町Ⅲ）

図5 長方形箱形一方向排滓式製鉄炉出土遺物

が水ぶくれ状に発泡している。それより下は次第に粘りが強くなり、厚さも増してゆく。炉壁内面は、柱材の接合部に沿って垂下する流路が生じ、下部に溜まって瘤状になっている。報告書（相馬Ⅰ）では、この部分に羽口が装着されていたと考え、それが外れた痕跡と考えられている。

羽口 羽口は比較的大型で、器壁も厚い。胎土には細かな砂粒を多く含まれている。耐火温度は1,404～1,580℃（原町Ⅴ）、スサ入り炉壁と比べて高温である。作業時の浸食によって変形しているが、吸気部から先端に向かって円錐形の形状を残している。これは吸気部が開いているためである。羽口は、髓抜棒に砂粒を含む粘土板を巻きつけて作られている。外面はナデとオサエによる整形、内面はヌタを付けた髓抜棒の引き抜き痕がある。羽口の横断面は、製作時に粘土板が重なって片側が厚くなる。

作業の初期段階では、対応する壁面に設けられた羽口からの送風を正面に受ける（図5の11～13）。浸食は、羽口の先端から均等に進み、全体に丸くなる。あるいは、丸刃彫刻刀で抉ったように先端が凹む。これとともに炉壁が熔けて、垂下する還元滓が羽口に付着する。初期で作業が停止される一因は、還元滓による羽口の閉塞である。

使用された羽口には、先端に還元滓が付着し、吸気部に向かって還元層、さらに酸化層が形成される。還元層と酸化層は、羽口の主軸とほぼ直交する角度である。設置された羽口の形状は、側面・上面・下面で大きな変化はない。

作業が進むと、設置された羽口は、先端から斜め上に向かって浸食が進み、上半部から後退する（図5の5～7）。そうして、先端部から斜め上に削ぎ落とした形状となる。羽口壁の厚い部分を上にして据えるのは、この浸食に対応するためである。同時に、炉体の内壁も変形する。羽口自体は、炉壁より耐火温度が高いことから、炉壁から突き出た状態になる。

作業を進めば、還元滓は垂下して羽口の上面を覆うようになる。羽口下面に付着する還元滓は、先端を基点として左右に分離する。また羽口の先端下面には、水滴状の特徴的な形状の熔融物が生成する。羽口下面の表面は露出して、一部に釉薬状の熔融物が付着する。

羽口の遺存長は、製鉄炉の作業時間の長短と関連している。発泡滓あるいは還元滓が羽口の先を塞げば、製鉄炉の作業を継続することは困難になる（図5の8～10）。順調な作業では、吸気部付近まで浸食が及ぶ。羽口の先端は、開口して作業が終わる。当然、遺存長は短くなる。長く遺存している羽口は、作業に支障が生じた場合である。

羽口装着角度 小暮伸之は、この型式の製鉄炉羽口装着方法について、大迫46・47号の資料（原町Ⅴ、第330図の8）か

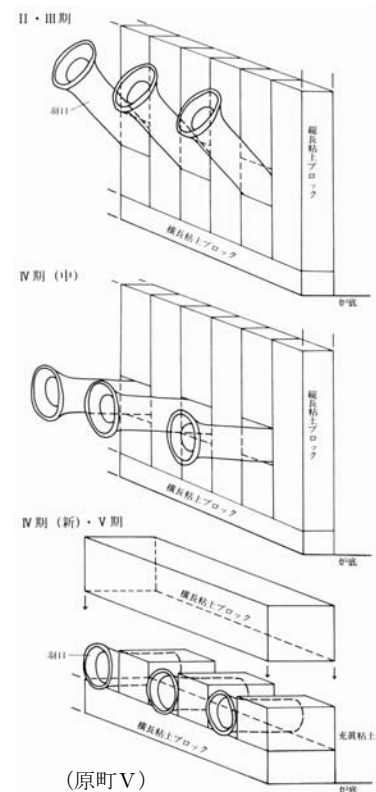


図6 小暮伸之による羽口装着案

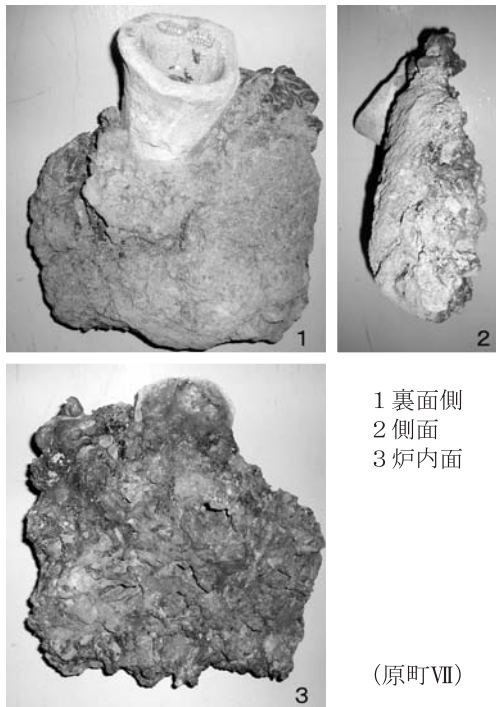


図7 大迫46・47号炉壁

ら、図6（原町V、第4篇第図14）に示した方法を復元している。「炉底に長方形の粘土ブロックを設置し、その上に縦長の粘土ブロックを横方向に立て並べて炉壁を構築していることがわかる。羽口はこの縦長の粘土ブロックの間に挟まれ、更にその上下からも粘土ブロックによって押さえられるようにして固定されており、装着角度は48°を測る。」としている。

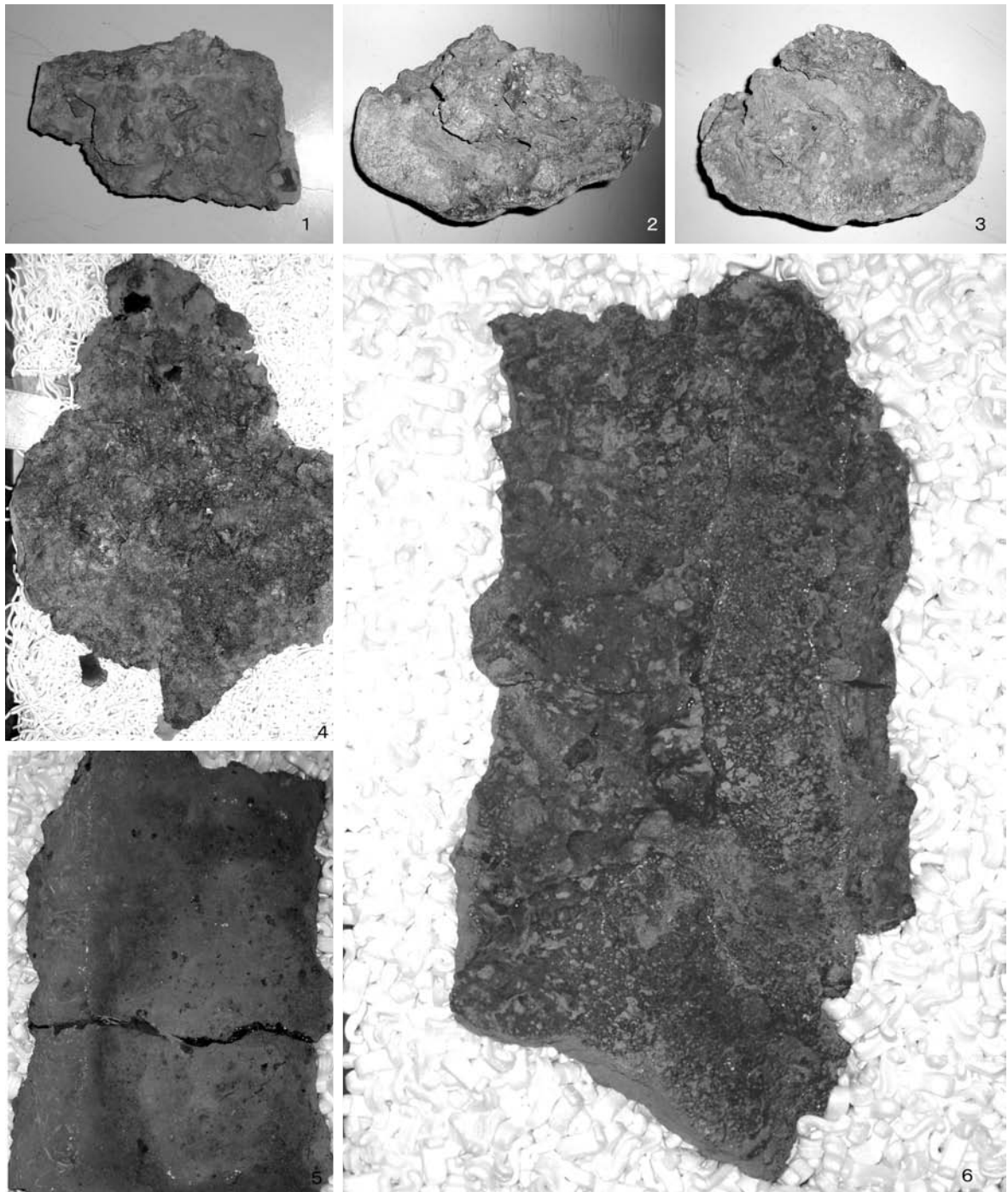
そこで、大迫46号第330図の8（原町V）に示された資料の観察を行った（図7）。この資料は、長さ24cm、高さ24cmの熔融帯破片である。羽口は、吸気部から遺存する先端までは13cmである。羽口上側は、吸気部まで熔融物が付着している。炉壁が耐える限界まで操業が続けられた資料である。吸気部から8cmまでは外壁である。羽口の先端は開口している。最後まで順調な操業が行われたのであろう。内壁には多量のスサが含まれている。

羽口上面から上の炉壁は、ガラス質で比較的粘性がある還元滓が付着している。還元滓の表面には、焼結した砂鉄が付着している。羽口の下側は、木炭を噛みこんだ発泡鉄滓で、盛んな発泡痕がある。羽口下面と外壁の底端とは約15cmを測る。つまり、炉床面から15cm高い位置に、羽口が設置されていたことになる。熔融帯の炉壁は、1,500度以上の高温状態になったことを示している。

この羽口は、先端は下がって、吸気部が大きく上がった状態になっている。これは、吸気部近くまで熔融した炉壁が安定性を失い、垂下する鉄滓に先端が引きずられて羽口本来の設置位置を失った結果である。この資料は、羽口の装着角度を示してはいない。ほかの羽口を見ると、主軸と直行して垂下する熔融物で覆われ、下面の先端には、羽口の主軸方向と直交して、水滴状熔融物が付着している（原町V、第330図の2）。これも羽口が、水平方向に設置されていた痕跡である。

羽口主軸線と還元面や熔融物が交わる角度は、羽口を設置した角度の痕跡と理解されている。しかしこれは、操業が行われる過程で熔融進行が進行した痕跡である。計測された装着角度が一定していない（原町Vなど）のは、この誤認である。羽口の手前から送風を受ける部分は、炉内で最も高熱となる部位である。羽口を小暮の想定する急角度で設置すれば、熱風を受ける炉底の熔解を防止する工夫が必要である。それがなければ、炉底に熱風を受けた浸食や熔融によって、炉内が不安定になる。

炉底滓 炉体底面に堆積した鉄滓が、操業終了後に固まったものである。炉体の浸食が限界に至り、操業は終了する。この時、炉内は燃焼している木炭が詰まった状況となる。炉内温度は徐々に下がり、炉底滓表面の凹凸も次第に滑らかになるであろう。



長瀬 15 号 1 上から 2 断面南から 3 断面北から 鳥打沢 A 1 号 4 表面 鳥井沢 1 号 5 裏面 6 表面

図 8 炉底滓

1～3、5～6 原町Ⅲ 4 原町Ⅰ

表面は、流出滓や発泡滓と近似しているが、形態と裏面に特徴がある。平らな隅丸長方形の形状で、長さ 1 m、幅 0.5 m に達するものがある。裏面は、熔融物が付着する床面の内部に浸み込んでいる。

羽口の下にある炉底滓は、踏鞴付長方形炉も含めて海綿状となり、中央部から排滓孔にかけては、滑らかな面が形成されている。順調に操業を終えた状態で、徐々に冷却が進んだ結果である。これに対して、何かの事情で操業を中止すれば、その状況を反映した炉底滓が生成する

はずである。

長瀨 15 号（踏鞴付長方形箱形炉）（原町Ⅲ）からは、操業時の状態を伝える分厚い炉底塊片が出土している（図 8 の 1～3）。幅 30cm、羽口下端から炉底端まで 9 cm、炉底中央とは 12cm 程度である。炉底滓の東端は炉体に装着された羽口と接続し、装着状態を伝える羽口片が付着している。東部の炉底は、浸食により当初の形状が失われていた。東部は、かすかに内湾して真直ぐに立ち上がる側壁、船底状に深くなる炉底面の状況を良好に伝えている。

この炉底滓は、大きく上下の 2 層に分かれている。下層は結晶が発達し、気泡はみられない。羽口の先で生成し、熔融の進んだ鉄滓が、側壁と底面に沿って堆積したのであろう。上層は、木炭の喰い込みと盛んな発泡痕がある。上層は、両側で羽口まで達している。発泡滓が羽口を塞ぎ、操業の継続が難しくなって放棄されたのであろう。盛り上がりは、砂鉄が炉体中央部へ集めて投入され、これが降下した痕跡である。これは、還元帯の炉壁に砂鉄がほとんど付着しないこととも関連していしょう。

鳥打沢 A 7 号（踏鞴付長方形箱形炉）（原町 I）の炉底滓では、3 層に分かれた堆積の痕跡が確認されている。各層ごとに、上に滑らかな表皮層、下に発泡部が形成されている。いわゆる流出滓と近似しているが、鉄滓は炉床の砂に食い込んでいることから、これと区分することが出来る。また大船迫 A 8 号（原町 V）からは、発泡した層が二重になった炉底滓が出土している。これは、炉底部で溜滓と排滓が繰り返された操業の痕跡である。

これに対して、鳥打沢 A 1 号（踏鞴付長方形箱形炉）（原町 I）から出土した炉底滓は、表面に細かな泡が弾けた状態である（図 8 の 4）。急に操業が停止され、発泡状態を保ったまま急激に硬化したのであろうか。あるいは、操業を継続できない異常事態が発生したのであろうか。確認したのは、この一例のみである。

鳥井沢 B 1 号（長方形箱形一方向排滓炉）（原町 II）から出土した炉底滓には、東半部に平らなヘラ先で押し引いたような痕跡が残されている。押し引に部の側端には、盛り上がりがある。高熱時に生成した痕跡である。この部分では、堆積した鉄滓の表面が損なわれて、小さな泡が生じている。中央から右下部にかけては、先端の丸い棒状工具を押し引いた痕跡がある。操業が終了した後に落下した木炭が、何らかの事情で移動した痕跡と想定できないであろうか（交野市教育委員会真鍋成史の教示）。痕跡の先端が丸くなっているのは、燃焼により形状が変化した木炭の刺突痕であろう。

流出滓 長瀨 6 号（原町 II）では、排滓口に接して鉄滓が流出した状況を遺して出土している（図 9）。製鉄操業の終了後に予熱により痕跡である。炉内の排滓孔近くにも鉄滓が残っている。表面には細長い表皮層は、ホットケーキの生地を細長く流したような筋が、幾重にも重なっている。裏面は、表面張力による小さな凹凸があり、これに小石や滓片が噛みこまれている。この内部は 3 層に別れている。表皮と裏面近くは発泡が少ないのに対して、中間層では、発泡痕跡がみられる例もある。

流出滓に対して、炉内滓として保管されているサンプルは少量しかない。表面に錆が生じ、細かな泡の表出も見られる。また不定形に割れて、碎片化も進行している。炉内で生成したが、



図9 長瀨6号

1 炉底部 2 流出滓表面 3 同拡大 4 流出滓裏面 (原町Ⅱ)

最終段階の炉底には残れなかった鉄滓である。熔融帯に付着する発泡滓に近い形状である。

操業 この型式の製鉄炉は、前段階の長方形箱形二方向排滓炉と比べて、次の4点が改良されている。①、羽口が装着される。②、炉体の長さが半分程度の小さくなる。③、いわゆる炉底滓が数多く残されている。④、鉄滓の主体は流出滓で、発泡鉄滓の割合は少ない。

①によって送風孔の耐火性が大きく向上し、高熱状態でも安定的な送風が可能になる。古墳時代には鉄器を作る鍛冶作業によって使用されていた羽口が、製鉄炉に転用されたのであろう。③は、炉内の最終状態である。操業によって生成した鉄は、炉外に排出されたことになる。炉内が高熱を維持できるようになり、銑鉄と流出滓を作り出した結果である。操業の失敗ではない。④は、半熔融鉄が作られたのではないことを示している。

炉体が小型化する②は、送風装置の能力と関係するのであろう。この送风量に合わせて、適正な大きさの炉体としたのであろう。これによって鉄滓の流動性が良くなる高温操業が可能になり、排滓孔は1箇所となった。

出土する流出滓と炉内滓の割合は、製鉄炉跡によって大きく異なることが吉野滋夫によって指摘されている(原町Ⅴ)。この原因は、作られた鉄の相違ではないだろうか。長方形箱形一方向排滓炉で銑鉄が出来たのであれば、半熔融鉄の製造も可能である。半熔融鉄を作れば、流出滓とともに、炉内滓が副産物として生成する。

排滓量は、長瀨 27 号（原町 V）が 17 t で最も多い。次に 2.5 ～ 6 t 程度でまとまりがある。これらが通常の排滓量であろう。しかし、排滓量が 1 t に満たないものも少なくない。これは、導入期と同じである。

3 新製鉄技術の導入

踏鞴付筒形炉は、炉体・送風装置とは全く異なる構造である。従来の技術に工夫改良を加えるだけでは生み出されない新しい技術である。踏鞴付筒形炉は、丘陵斜面の中腹に造られている。尾根から沢に向かって、鞴付送風装置、筒形の炉体、この左右に設けられた作業場、炉体前面に広がる鉄滓廃棄場という順序で配置されている。相馬地区の報告書などでは、鉄滓廃棄場を作業面としている。この部分は、排出した鉄の掻き出しが想定される場所である。炉体に砂鉄と木炭を投げ入れる場所は、炉体の開口部付近であり、風箱の前が合理的であろう。

この型式の製鉄炉は、宮城県多賀城市柏木遺跡で 8 世紀前半の操業が確認されている（石川・相沢 1988）。相馬地域での出現は、これより少し遅れるようである。

送風装置 導入された送風装置は踏鞴である。中央に支点となる丸太を置き、シーソーの原理で踏み板を動かして、左右の風箱から木管を通して炉体に空気を送る構造である。検出された風箱遺構は、長さ 3 m 程度、幅 1 m 弱で、縦の断面は、中央の溝を境に左右へ傾斜している。これから考えられる鞴は、香取忠彦が大仏鑄造を解説したなかで復元した「タタラ」と同じ構造である（香取 1981）。

炉体に一本の大きな送風管を据え付、空気を送り込む構造である。これまでの長方形箱形製鉄炉と大きく異なる形態、送風装置である。技術の継続ではなく、新しい技術が導入されたのである。これにより、強力で安定した送風が可能になった。

炉体 長瀨 2 号（原町 II）の炉底平面形は、隅丸長方形で、幅は 0.4 m である。長さは 1.4 m と報告されているが、実測図から判断して、0.7 m 程度であろうか。近接する同型式の 3 号製鉄炉跡では、0.5 m と報告されている。炉底面は、奥端から鉄滓廃棄場に向かって約 10 度の傾きを設けていた。同 3 号（原町 II）では、約 15 度の角度である。炉底面は平坦ではなく、鉄滓廃棄場に向かって斜面になっていたことを確認しておく。炉底と作業場平坦面の比高差は 1 m 程度である。

長瀨 2 号の出土資料（図 11 の 3 ～ 10）をみていこう。炉体内壁面は、スサを混ぜた粘土で、かなり厚く造られている。還元帯でも 5 cm 以上の厚さがある。スサ入り粘土自体は、構築物を作るには脆弱な材質である。造り替えの痕跡もあることから、作業場より上部では、スサ入り壁土の外側に、より頑丈な外壁が存在していたのではないだろうか。

炉の内部は、付着する熔融物の状況により、いくつかの部位に分けることが出来る。通風管より上部は、ガラス状熔融物が付着する還元帯である（図 11 の 2・3・4）。さらに熔融物の形状から上下に分かれている。下半部（図 11 の 2）には、ガラス状熔融物が厚く付着している。炉壁を垂れ下がるように流れた痕跡である。発泡痕は少なく、粘り気のある熔融物である。長方形箱形一方向排滓炉などの還元滓と区分することは難しい。同様に還元滓としておく。

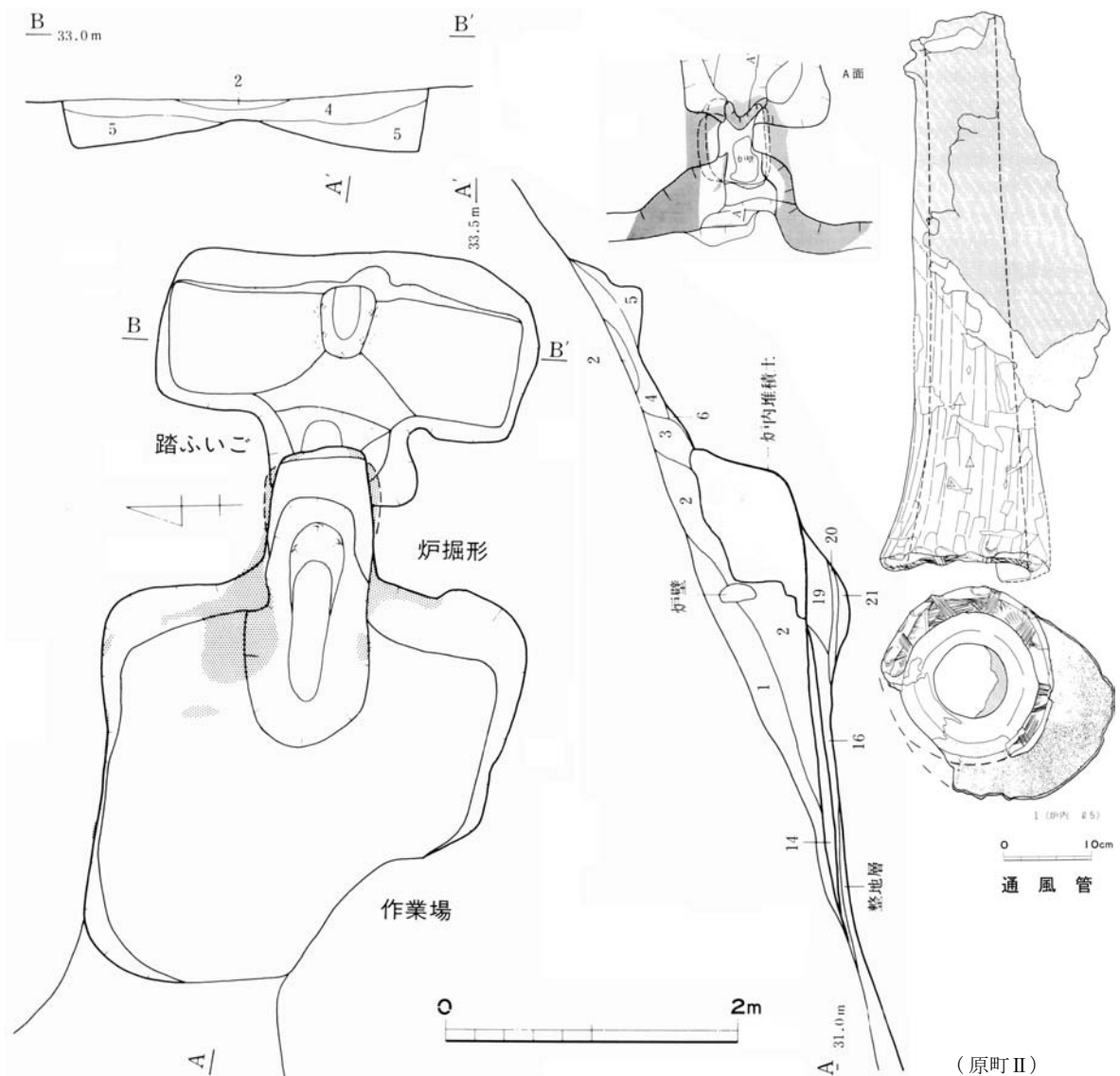


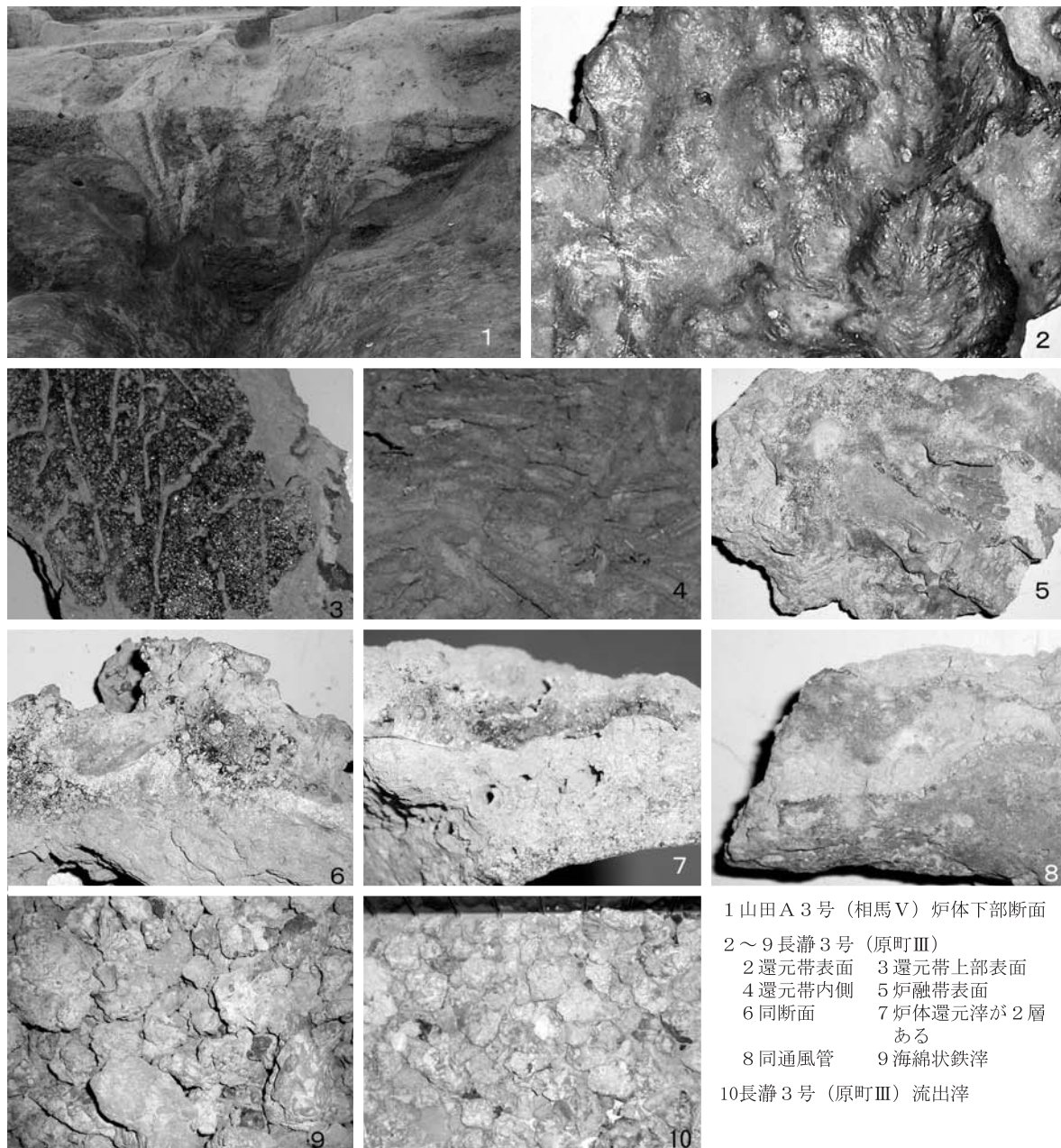
図10 長瀨3号製鉄炉跡

さらにその上部は、薄いガラス質で覆われた陶器質となり、細い溝縦が発達している（図11の3）。溝は、スサが加熱によって消失した痕跡であろう。炉壁上端は未確認である。

還元帯では、還元滓で覆われたスサを含む炉壁が、2層になっている破片を確認した（図11の7）。同様な痕跡は、通風管でも確認している（図11の8）。さらに炉体の下部でも同じ炉壁の重なりがある。製鉄炉が1回ごとに造り替えられたのではなく、破損部に補修を加えて、複数回の操作が行われたことを示している。

通風管 長瀨3号からは、良好な状態の通風管が出土している。截頭円錐体で長さ64.6cm、基底部外径19.2cm、先端部内径8.3cmである。装着角度は、付着する炉壁の状況から、約45度と推定されている。これは、長瀨2号などで検出された通風管の敷設掘形とも、それほど相違はない。通風管の前半部は、付着する熔融物の長さから判断して、炉体下部の奥壁から0.2m、長さで0.3m以上は突き出していたと推定される。

通風管の表面は、報告書でいうヘラケズリ（原町II）ではなく、主軸方向あわせて強いナデ



1 山田A3号（相馬V）炉体下部断面
 2～9 長瀨3号（原町Ⅲ）
 2 還元帯表面 3 還元帯上部表面
 4 還元帯内側 5 炉融帯表面
 6 同断面 7 炉体還元滓が2層ある
 8 同通風管 9 海綿状鉄滓
 10 長瀨3号（原町Ⅲ）流出滓

図11 筒形製鉄炉関連資料

ツケで整えられ、横断面は小さな凹凸面となっている。胎土には砂粒が含まれ、高熱環境に対する耐浸食性と支持強度を保つことが図られている。これとともに上半部には、スサ入り粘土が厚く塗り上げられている。操業時の浸食に対する備えであろう。

熔融帯 送風管の先端から下の部分が、熔融帯である（図11の1）。この部分は半地下式になっている。長瀨22号は、炉体下部が地山を掘り込んで造られていた。この炉の前壁は、地山を利用して造られていた。炉体は直径0.45mの円筒形で、高さ1.2mまで遺存していた。遺存する炉体の上半部はすぼまっていた。炉底から20～30cmの範囲には、熔融滓は付着していない。また前壁には、床面からの高さが30cmの開口部が設けられていたらしい。

熔融帯は、さらに上下に分かれている。上半部は厚いガラス質の熔融物と木炭片の痕跡が絡

み合った状態である（図 11 の 5・6）。木炭の端部は、真直ぐである。踏鞴付長方形箱形炉の木炭片よりは、全般的に大きめである。熔融物はガラス化が進み、断面で 3 cm 以上の厚さに発達している部分もある。一方で、鉄分はそれほど含まれていない。

下半部では、熔融物の顕著な発泡が特徴的である。熔融物の泡は大小さまざまで、不定形に変形して海綿状になっている。炉壁から分離すれば、上下と表裏の判断も困難である。鉄分を多く含む資料があり、錆が進行して、黒く変色している部分もある。いわゆる炉内滓と呼ばれる資料であるが、これにガラス質の滑らかな熔融物が混ざっている。長方形箱形一方向排滓炉などの発泡滓と区別する意味で、海綿状鉄滓としておく（図 11 の 9）。小さく割られ、鉄滓廃棄場からも多量に出土している。

炉内で最も高熱になるのは、通風管の先端部で送風を受ける部分である。送風された酸素と木炭が激しく反応する部分である。山田 A 3 号では、底面から 20 ～ 30 cm 範囲に、錆びた鉄の熔着した帯が確認されている。鉄が生成した場所である（図 11 の 1）。

送風管の反対側にあたる炉壁は、発生する熱風を受けて浸食が進むことが想定されよう。出土した炉壁のなかには、厚さ 20 cm を超えるものが含まれていた。さらに炉形が、送風管方向に細長くなっているのも、浸食の影響を避ける工夫であろう。この部分は、沸騰するガラス質の熔融物から、1,500 度以上の温度になり、還元された砂鉄が熔ける部位である。

操業 この製鉄炉跡で、半熔融鉄塊が生成したのであれば、これを取り出すためには、少なくとも炉体下半部は除去しなければならない。しかし多くで、この部分が遺存している。また、炉底滓も遺存した例は確認されていない。炉底が斜めになっていることは、生成物を炉外に排出していた工夫であろう。埼玉県猿貝北遺跡の鉄滓廃棄場からは、長さ 40 cm、幅 35 cm、高さ 14 cm の石枕状の鉄塊が出土している。意図の外に生成した鉄塊で、処理が出来ないために廃棄されたと考えられている（松井 2001）。

この型式の製鉄炉跡から出土する鉄滓について吉野滋夫は、炉内滓と流出滓の割合を検討している（原町Ⅱ）。長瀨 2 号で炉内滓 18.7%、流出滓 61.3%。同 3 号で炉内滓 5.9%、流出滓 85.6%。同 10 号で炉内滓 70.9%、流出滓 22.3%。向田 A 2 号で炉内滓 54.6%、流出滓 47.6%。同 3 号炉製鉄炉跡で炉内滓 51.9%、流出滓 30.8%。という数字である。

これは、操業を反映した数字であろうか。図 11 の 10 は、長瀨 3 号の流出滓として保管されている資料であるが、流出滓と炉内滓を区分することは難しい。むしろ炉内滓に近い。表面が水銀のように平滑な部分もあるが、これは小さい。裏面も、表面張力による盛り上がりはない。長瀨 3 号で報告されている流出滓は、長方形箱形一方向排滓炉の流出滓とは全く違う形状である。

踏鞴付筒形炉の下半部は、直径 0.5 ～ 0.7 m 程度である。床面から通風管の先端までを 0.4 m、錆びの付着する部位を 0.3 m とすれば、炉体内には液状の鉄や鉄滓を溜める容量はない。したがって生成した鉄を継続して排出する構造とすることが不可欠である。炉体底部には鉄滓廃棄場に開口が設けられていたはずである。

鉄滓廃棄場には、銑鉄や滓の流れ出た痕跡は確認されていない。銑鉄が生成したのであれば、

軽い流出滓と分離して炉外に排出されるはずである。鉄滓廃棄場からは、海綿状鉄滓が出土している。この炉で生成した鉄は、海綿状鉄滓に混ざった状態で炉外に排出されたのであろうか(穴澤 2003 など)。

廃棄された鉄滓の量は、最も多い長瀨 2 号では、約 5 t である。また、炉体の熔融帯自体が小型であるが、原料の投入と生成した鉄の排出を連続して行う作業により、生産量を確保したのであろう。炉体の補修を繰り返して、一基あたりの耐久度を高めた結果である。これに対して、半数前後の製鉄炉では、排滓量が 0.5 t にもなっていない。

踏鞴付筒形炉の周辺には、鍛冶関連遺構が検出される例が少なくないことを寺島文隆が指摘している(相馬 V)。相馬市向田 A 遺跡や旧原町市長瀨遺跡、宮城県柏木遺跡などである。生成した鉄の精錬を行うためである。これとともに鑄造鉄器の製造施設の併設されていることが多い。この炉からは、銑鉄が生成され他ののであろうか(大澤 1982)。

4 古代製鉄炉の完成、踏鞴の普及と炉体の改良

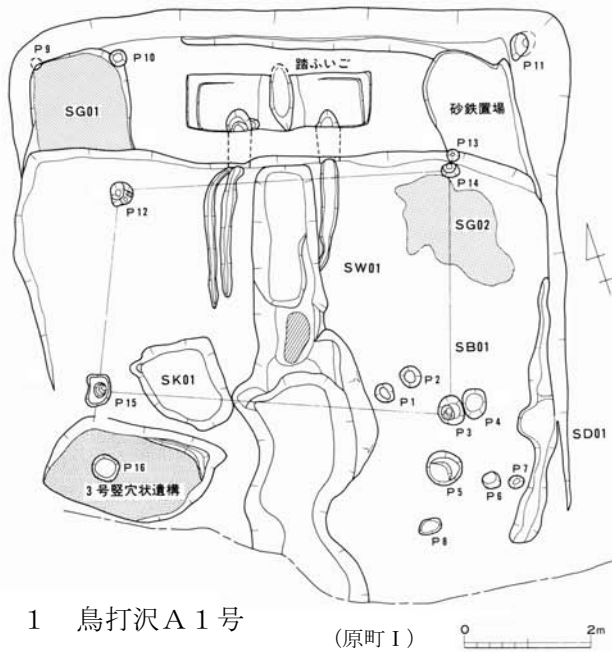
踏鞴付長方形箱形炉は、炉丘陵緩斜面の中腹に造られ、上から下にむかって、踏鞴、炉体と左右の作業場、さらに鉄滓廃棄場が並んで配置されている。風箱の構造は、踏鞴付筒形炉と同じである。近接する製鉄施設間で技術の交流があったであろうから、踏鞴付筒形炉が導入されて、それほど時を置かずに、踏鞴は長方形箱形一方向炉に導入されたのであろう。

風箱の大きさは、長さ 3 m、幅 1 m 程度である。送風は炉体の形状に対応して、左右の風箱から導風管を通して炉体に送風を行う方法である。導風管の設置跡は、溝状の遺構として検出されている。大船迫 48 号炉(原町 V)では、風箱から出る溝状遺構から、筒状に加工されたクリ材の炭化物が出土している。木管の外部を焼き焦がして、腐食を防いでいる。直径 22 cm の管である。内径は不明である。

炉体は下部構造をもっている。炉体規模より一回り大きな箱形土坑である。土坑の底面は、排滓孔側が少し低く造られている。土坑は、踏鞴側が深く、鉄滓廃棄場側が浅くなっている。これは作業面が傾斜しているためである。踏鞴側の深さは、0.8 m 前後である。空焚きにより内部を焼き固めたなかに、焼土や木炭を詰めて防湿効果を高めている。炉体の長さとは幅は、風箱の半分程度である。長さ 1.5 m、幅 0.5 m 前後である。炉体の大きさは、踏鞴の送風量に制限されるからであろう。

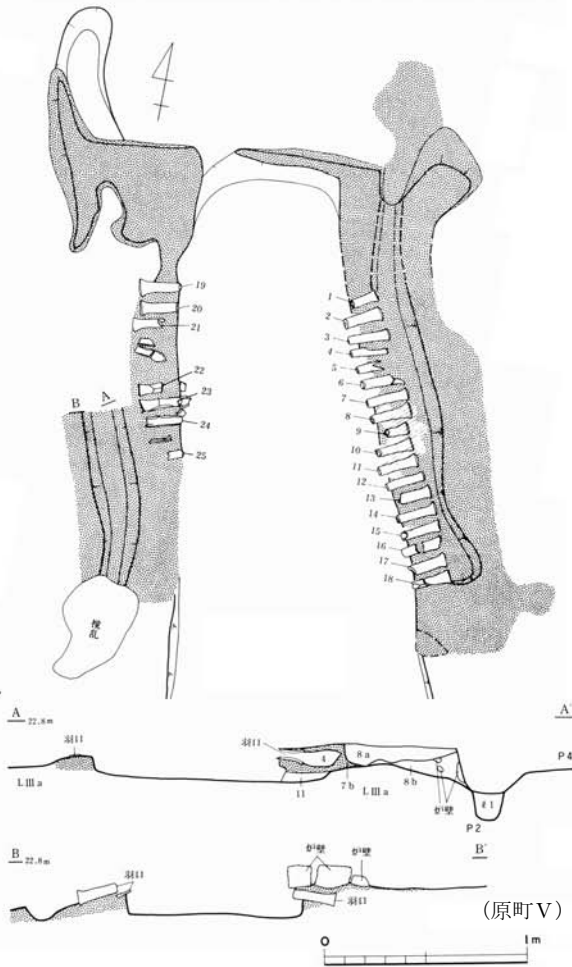
炉体の左右には土坑が設けられ、この中から木炭や砂鉄が出土することがある。さらに、粘土採掘穴も確認されている。鉄滓廃棄場は、炉体端から斜面下方に広がっている。踏鞴と炉体の上には、上屋があった。鳥打沢 A 1 号で、踏鞴の設置された平坦面の丘陵側隅で柱穴が検出されている。この柱穴は、斜めに造られる特徴がある。炉体が設置された部分では、これを大きく囲むように柱穴が矩形に設けられている。踏鞴部は葺き下しの屋根、炉体部は東屋構造で、壁も設けられていたであろう。

炉体上半部 長瀨 23 号からは、炉体の上端まで遺存する長さ 1.1 m、高さ 0.6 m 程度の炉壁(図 13)が出土している(原町 IV、第図 68)。数少ない遺存例である。炉壁の比重は、約



1 鳥打沢 A 1 号

(原町 I)



2 大迫 A 15 号羽口設置状況

図 12 踏鞴付長方形箱形炉

1.4 である。

内壁には、操業の痕跡が残されている。上端から 20cm 程度までは、すべて酸化面で、そのうち 10～20cm の間が強く焼けている。焼土面となり劣化が著しい。上端から 20～40cm は還元面になっている。この部分で、斜め左下方向の整形ナデが施されている。さらに上端から 40cm より下には還元滓が付着し、下方に向かって流下している。ガラス質で、細かな発泡痕がある。この部分では、壁面の浸食は少ない。

炉体の上端部では、炉壁の断面から左右から粘土塊を合わせたような痕跡も残っていた。しかし炉壁の中部では、これは確認できなかった。粘土には、細かな砂が多く含まれている。炉体の幅は、上端部で 7cm 内外、それより下側は 11cm 程度である。構築単位は、高さ 7～10cm 程度である。下方に向かって、粘土帯の厚さが増している。水平方向の長さは明確ではない。粘土を長く加工しながら積み上げたのであろう。資料炉内壁の下部で、少量のスサ含まれていると報告書では指摘されているが、保護剤が塗布されていることもあって、確認は出来なかった。

炉体下半部炉 大迫 1 号 (原町 VII) 第 28 図 1 は、炉壁に羽口の一部が融着している資料である。長さ 32cm、高さ 16cm、厚さ 4cm である (図 14 の 4・5)。内壁には、モミガラが多量に含まれている。熔融物の断面は、表面近くで小さな発泡が見られる程度である。炉内の温度が十分な高熱を得られなかった結果であろう。羽口の先端は、還元滓により塞がっている。早い段階の操業で停止に至った資料である。羽口は、外壁の粘土帯に、押し付けるように据えられ

ている。羽口と羽口の間隙は、短い単位の粘土帯で押さえて塞いでいる。この上には、厚さ7cm前後の粘土帯を積み上げている。かなり軟らかい粘土である。

大迫1号第26図2（図14の1・2・3）は、長さ34cm、厚さ12cm、高さ18cmである。羽口の間隔は、5～7cm程度で、その間には粘土が詰められていた。羽口の吸気部先端から還元滓の端までは、8cmである。羽口の先は、還元滓で塞がっている。炉体の粘土は、羽口の吸気部から6cm前後を境として、スサの有無から大きく2層に分かれていた。内壁は、粘土中にスサを含み、荒壁土に近似している。外壁は、細粒を多く含む粘土である。

外壁では、羽口吸気部の下面に接して、厚さ2cm、幅4cm程度の薄い帯が敷かれている（原町Ⅶ、第26図1、第29図1など）。これは吸気部端が外反することから、形状に合わせて設置面を安定する工夫であろう。羽口が設置された粘土帯の上面が、ほぼ水平に調えられていたとすれば、先端と吸気部側の直径差で、少し先端が下に傾くことになる。

外壁の側面には、指頭圧痕やナデ・オサエの痕跡が遺されている（第26図1、29図1など）。整形の痕跡である。この部分は酸化焼成で、還元状態にある内壁に続いている。内壁側が強く焼けでいるので、炉体外部からの加熱ではない。築炉時に加熱による内壁の強制乾燥を行えば、酸化面が形成されるはずである。

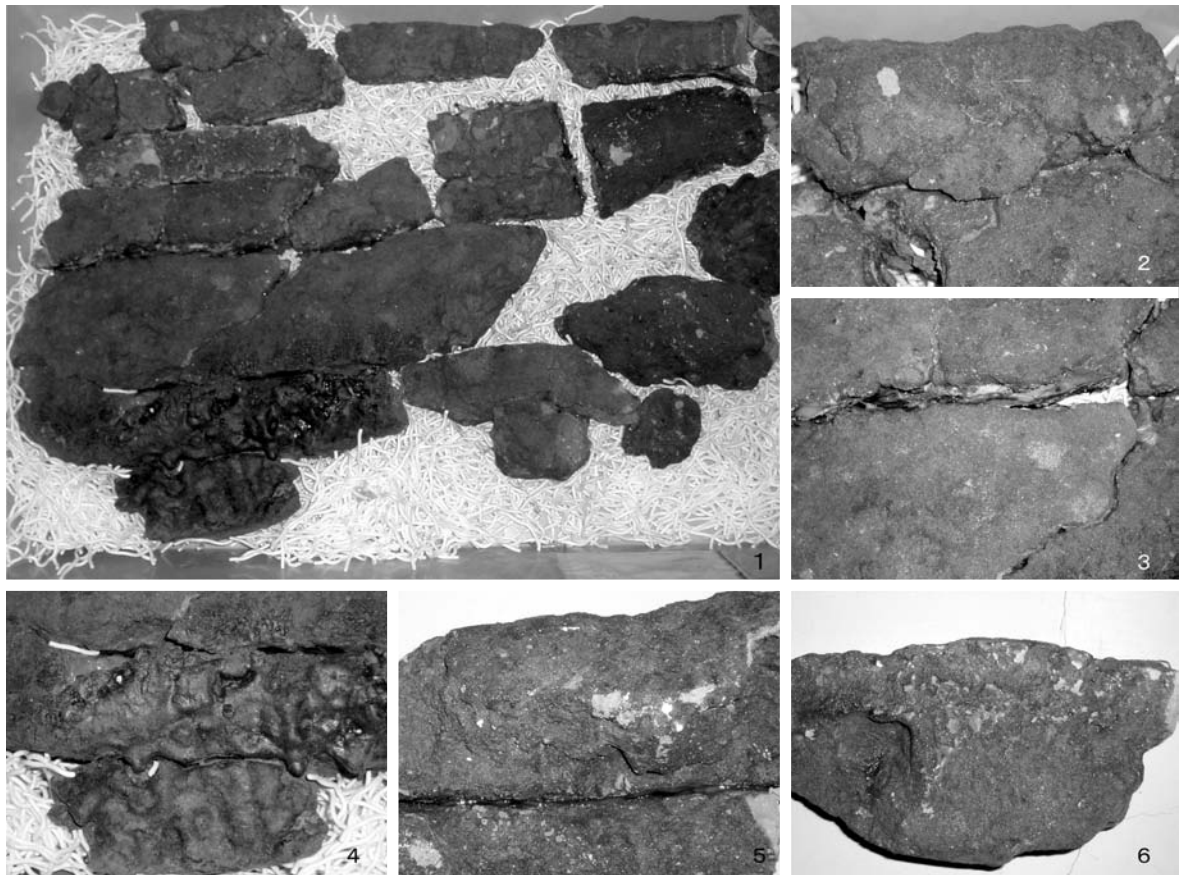
この痕跡が熔融帯の外壁から、確認された例はない。大迫21号・23号木炭窯跡（原町Ⅸ）からは、炉体外壁が遺存した破片が出土している。これは、木炭の焼成に伴った再加熱により、外壁が加熱された結果であろう。外壁面は、羽口吸気部の外端とそろえて作られている。またこの資料では、羽口上端から40cm以上も、熔融滓が厚く付着していた。

羽口の装着方法 大船迫A27号から出土した資料（原町Ⅴ、第200図の1など）をもとに、小暮伸之は、羽口と炉壁の関係を次のように考えている（原町Ⅴ）。①、Ⅳ期（中）、基底部に水平に据えた横長粘土ブロックの上に、縦長粘土ブロックを立て、その一つ置きに羽口を配置する。②、Ⅳ期（新）の壁、羽口は縦長粘土ブロックを分割して、その間に羽口を挟んでいる。

大船迫A27号の第200図1（原町Ⅴ）の炉壁資料は、小暮が根拠として示した資料の一つである。大き目の羽口が使用された炉体の破片である。小暮は炉壁を縦長粘土ブロックとしているが、スサの方向は一定で、切れ目がないことから、やはり藁束に泥土を含ませたものである。また、羽口の下に詰められた炉壁には、スサが含まれていないようである。吸気部が失われているが、羽口の浸食は比較的少ないとみられる。

羽口の上側には、還元帯の熔融物が付着している。この部分の炉壁は、すべて浸食により失われたことになる。この点は、大船迫A48号（原町Ⅴ）でも同様である。羽口先より下には発泡滓が付着し、これにより先端は塞がっていた。操業が炉壁・羽口の限界まで達した資料である。原町Ⅴ第200図2では、吸気部端まで還元帯の熔融物が付着している。

炉壁の浸食が羽口の吸気部近くまで進んだ段階で、小暮の炉壁復元図（図6）では炉壁が失われたことになり、炉体の崩壊は免れない。それを防ぐには、外壁がなければならない。羽口の浸食が少ない段階の炉壁資料、大迫1号などでは、スサの含まない横長粘土帯の上に羽口が設置されている。また羽口と羽口の間には粘土塊が詰め込まれている。小暮が示した①は内壁、



1 全体 2 上端内面 3 予熱帯 4 還元帯上部 5 上端外面 6 同水平断面下から

図 13 長瀬遺跡 23 号製鉄炉跡出土炉壁

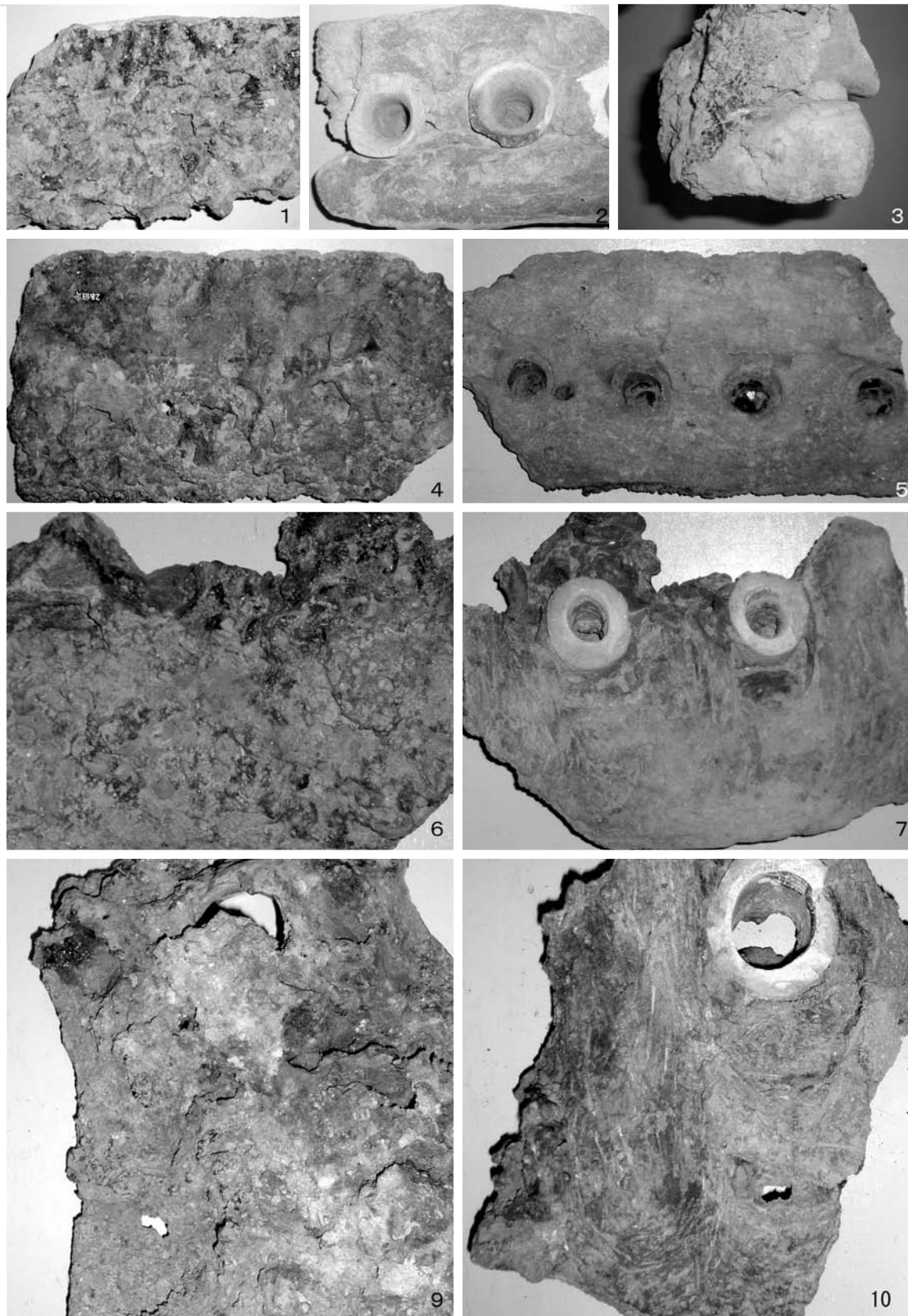
②は外壁と理解されよう。①と②をあわせて、炉体が造られたのである。また能登谷宣康は、大迫遺跡の羽口の設置方法で、吸気部の下に敷かれた薄い粘土帯の有無から、炉壁の積み方を二分している（原町Ⅶ）。しかしこれも、同様に炉壁の浸食差による見かけの相違であろう。

炉壁構造の変化 踏鞴付長方形箱形炉が盛行するなかで、新しい改良が炉体に加えられる。①内壁挟雑物の変化、②羽口の小型化、③羽口設置方向の3点である。

①では、それまでのスサに代わって、モミガラが多くなる。壁中に含まれるモミガラは破片が多く、この有無を確認することが難しい資料も少なくない。内壁土に入れられたのは、生のモミガラではなく、モミガラ灰ではないだろうか。粘土に灰を混ぜいれて焼けば、壁の比重が小さくなり、多孔性が増すことになる。ただしこのほか、スサやモミガラの確認できない内壁もある。

この改良により、内壁の耐火性が高くなり、熔融による浸食に耐えるようになる。内壁が熔けることにより生成する熔融物は、炉内温度を保つため役割があり、古代の長方形箱型製鉄炉の操業には不可欠である。内壁の浸食が少なくなれば、投入する砂鉄に含まれる砂土等の比率を上げることによって、これに対処することも可能であろう。

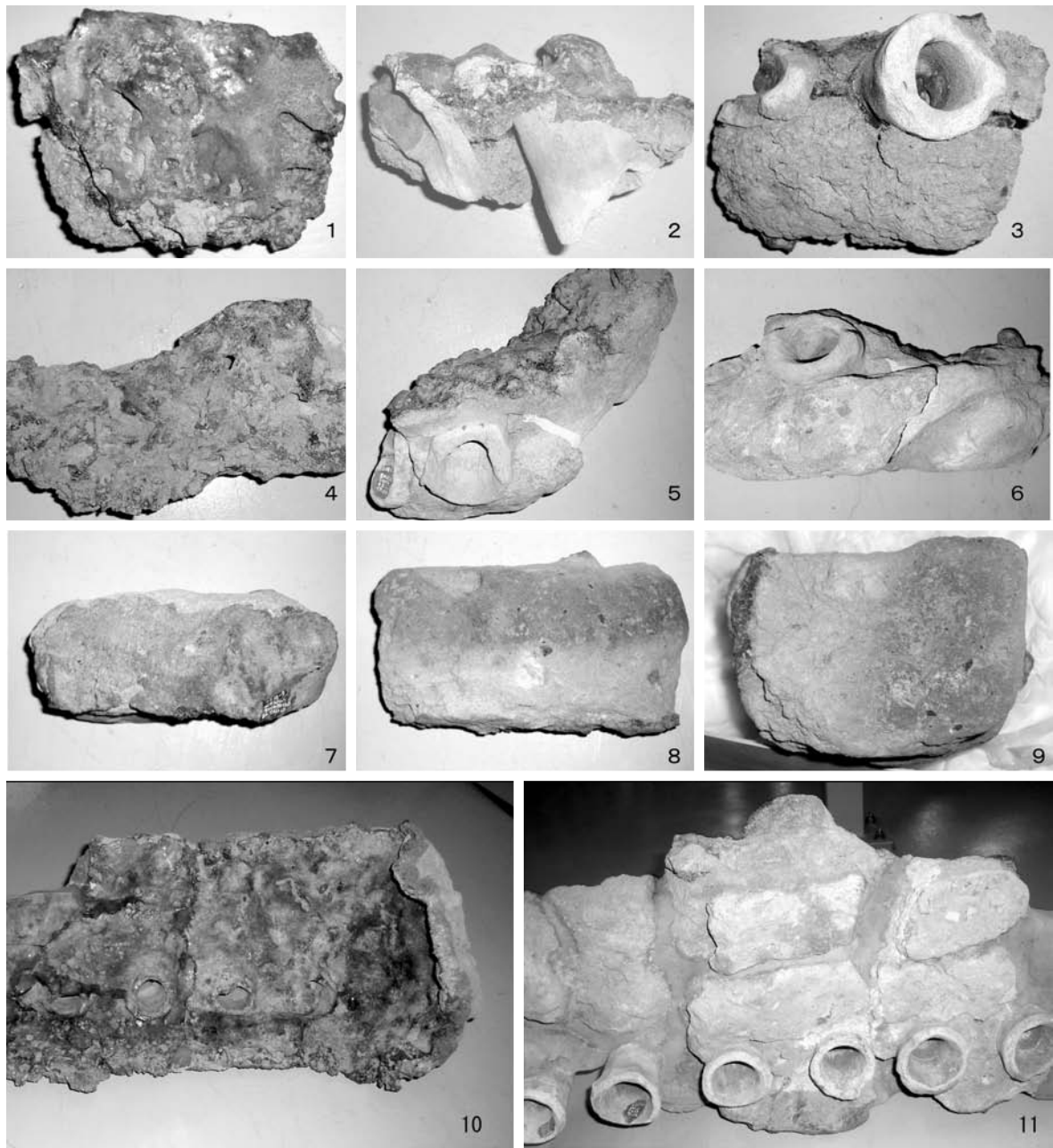
②に対応して、羽口の設置間隔が短くなり、また1基の製鉄炉に使用される羽口数も増加する。③は、水平方向の設置角度である。羽口の中央部では、炉壁に対して垂直に据えられてい



1～3大迫1号第26図2 4、5第28図1、6、7大船迫A27号第200図1

7、8大船迫A12号 9、10大船迫A12号第86図1

図14 踏鞴付長方形箱形炉炉体1



1、2、3 猪倉A1号第18図3 4、5、6 猪倉A1号第20図1
7、8、9 猪倉1号第25図3 10、11 山田A2号第182図

図15 踏鞴付長方形箱形炉炉体資料2

るが、端側では短辺に向けて斜めになっている。つまり、扇の骨を開けたような配置である。

猪倉A5号は、同1号製鉄炉跡の鉄滓廃棄場で、本来は一体の製鉄炉跡である（相馬V）。この遺構から出土した炉体破片のなかで、相馬IV第18図3（図15の1・2・3）、19図1・3、第20図1（図15の4・5・6）は、羽口の主軸が炉壁側面に対して水平方向に傾いている。この角度は、第18図3で45度近くになっている。このほかにも15度以上はある。広がる角度が一定しないのは、羽口を扇形の骨形に配置するためである。

羽口が設置された炉体下部の構築方法は、前段階と大きな相違はない。粘土の帯を基本に外

壁を作り、内壁はモミガラとスサを混ぜた土を貼り付けて造られている。粘土紐の切れ目、あるいはブロックを積み上げた痕跡と割れ口との区別を明確に区別することは、筆者にとっては困難であった。羽口は、粘土帯に押し付けるように据えられ、さらにこれを粘土帯で押さえて設置されている。吸気部から先端部へは、ほぼ水平になっている。

炉内熔融物の付着状況も、特異な点はない。羽口より上は還元滓が内壁表面に付着し、羽口より下は熔融滓である。還元滓は、比較的薄く付着して、発泡も少ない。また炉壁の浸食は、前段階と比べて少ないが、熱変化による変色は壁の奥部まで及んでいる。温度の高さよりも、作業時間の長さに関連しているであろう。

炉体上部の破片は、相馬Ⅳ第 25 図 1・2 に示されている（図 15 の 7・8・9）。1 は、炉壁を積み上げたブロック状の資料で、長さ 19cm、幅 9cm、厚さ 6cm で、短面の一方が凸面、反対側が凹面となっている。壁土は多孔性で、比重は 1.4 程度である。胎土に木炭片が含まれている。またスサ・モミガラも若干含まれているが、上面などでは確認することが難しい。内壁側の表面の下端に、スサ入り粘土が付着している。内壁の表面は凹凸がある。荒壁状で、表面には砂鉄が焼固していた。炉壁の下辺側に沿った部分はガラス質の還元滓が付着し、上辺側に熔融物はほとんど付着していない。還元帯最上部の炉壁であろう。作業による熱変化は、内壁の表面から 4cm が還元、外壁側は黒青色になり、外側は淡い赤褐色という状況であった。

この資料をもとに、略直方体短部の一方を尖らせ、片方を凹ませてホゾを組むようにする特殊な積み方が想定されている（相馬Ⅳ）。しかも横目地と縦目地が通るように想定されている。いわゆる通目積で、炉壁とするには、強度の点で問題のある積み方である。またこの積み方で作られた炉壁は、筆者の見た範囲では、確認できなかった。相馬Ⅳ第 25 図 1・2 の資料は、特異な例であろうか。

操 業 炉壁に付着する熔融物や鉄滓・羽口の基本的な特徴は、長方形箱形一方向排滓炉のそれと同じである。銑鉄と半熔融鉄を作ったのであろう。大きな違いは、製鉄炉 1 基あたりの生産量である。鉄滓廃棄場から出土する鉄滓量は、7 t から 10 t にもなる。鳥打ち沢 A 1 号で 43 t、同 1 号では 47 t の排滓量があるのに対して、逆に 1 t にみまない製鉄炉跡も少なくない。膨大な排滓量は、順調な作業の結果である。1 t にもみまないのは、不具合が生じて放棄された結果であろうか。不具合を修正する技術は保持していたであろうが、それを試みた痕跡は確認されていない。

内壁に含まれるスサ含有を減らせば、作業による内壁の浸食を押さえることが出来る。作業による炉体の消耗を抑え、より長く作業を継続することになる。また炉体の大きさも、長方形箱形一方向排滓炉より大きくなって、長さ 2 m 程度となる。

炉壁の改良によって、炉体の耐火度は向上する。さらに羽口の数を増やし、送風方向を広げれば、空気を満遍なく熔融帯に供給することが出来る。温度管理がより容易になり、作業効率は格段に向上する。これらの結果、作業効率は大きく向上して、素鉄の生産量は増大し、多量の鉄滓が残されたのである。

おわりに

製鉄遺跡の発掘調査によって明らかになるのは、遺構と遺物である。製鉄技術を解明するには、製鉄炉を復元するとともに、その操業状況を明らかにしなければならない。遺構として検出されるのは、製鉄炉の基底部や排滓場・各種付属施設である。なかでも炉体の復元と製鉄操業における炉内状況の解明が重要なことはいうまでもない。

これを明らかにするには、出土する炉壁の観察と接合が不可欠である。羽口や鉄滓も同様である。遺跡から出土する炉壁や羽口は、操業により、築造当初の形状から大きく変形している。その変化の過程をあきらかにするには、まず観察を行い、次にそれが生み出された状況を把握することである。そうして製鉄炉の復元、操業によるその変化、生み出される鉄滓、砂鉄や木炭の解明、さらには遺跡の環境を含めて、対象とした製鉄技術を考えて、仮説を立てることになる。

つぎに、この仮説を検証する実験を行うことになる。想定した技術が、古代の技術と共通することの検証である。実験によって、遺跡から出土する炉壁・羽口・鉄滓と同じ物を作ることである。出来たものにより、仮説の当否を判定する目安とすることが出来る。検証に耐える炉壁・羽口・鉄滓が出来れば、これとともに鉄も生成するはずである。

鉄は、生み出されて以来、社会を支える基本物資となった。律令時代の日本列島でもこのことには変りはない。律令体制が陸奥南部に導入されるとともに鉄の生産も開始されている。そして律令体制がこの地域で衰退するとともに製鉄関連施設も維持されなくなる。福島県浜通北部で明らかにされた製鉄遺跡は律令体制と結びついている（相馬Ⅰ）ことは言うまでもない。

鉄の生産が急増する時期、8世紀後半から9世紀前半にかけて、東北地方では対蝦夷戦争が国政の急務となっていた。多くの研究者は、このことと鉄生産の増大を関連付けている（飯村2006など）。確かに、この地で生産された鉄から武器・武具は作られたであろう。

一方この時期は、大開墾時代でもあった。東北地方南部において、古墳時代の山間部には広大な無集落地帯が存在していた。これが急速に減少するのが、8世紀後半から9世紀にかけてである。律令体制の成熟とともに、集落は爆発的に増大し、山間丘陵地帯に進出して行く。またこの時期の集落からは、以前と比べて多量の鉄器が出土している。この大開墾時代を生み出したのが、地元で飛躍的に生産量を増した鉄である。

鉄は日常生活全般に不可欠な物資であり、社会経済の基盤となる物資である。蝦夷戦争を遂行、寺院や地方行政施設の建設、通信交通・農業施設など社会基盤の整備それを支える経済的裏づけがなければならない。律令体制をこの地域に導入し、それを維持する一環のなかで、鉄が作られたのである。律令体制の発展が、東北地方南部にける大開墾を可能にしたのである。

追記

寺島文隆さんと、考古学のことを最後に話したのは、2004年の2月である。私が、浪江町太刀洗遺跡から出土した約4tの製鉄関連遺物の分類していた頃である。仕事の遅れを心配さ

れたのであろうか。小論で述べた見方から、分析を進めていることを説明した。小論をもって追悼にかえたい。

<参考文献>

- 相馬開発関連遺跡調査報告 I 1989 福島県教育委員会
相馬開発関連遺跡調査報告IV 1996 福島県教育委員会
相馬開発関連遺跡調査報告V 1997 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告 I 1990 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告 II 1991 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告 III 1992 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告IV 1993 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告V 1995 a 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告VI 1995 b 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告VII 1997 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告VIII 1998 福島県教育委員会
原町火力発電所関連遺跡調査報告IX 1998 福島県教育委員会
穴澤義功 2003 「古代製鉄に関する考古学的考察」『近世たたら製鉄の歴史』
石川俊英・相沢清利 1988・1989 『柏木遺跡』 I・II
大澤正巳 1982 「千葉県下遺跡出土の製鉄関連関係遺物の分析調査」『千葉県文化財センター研究紀要』 7
大道和人 2003 「半地下式堅形炉の系譜」『同志社大学考古学シリーズVIII』
香取忠彦 1981 『奈良の大仏』 草思社
関 清 1991 「各地域の製錬・鍛冶遺構と鉄器研究の現状」『日本古代の鉄生産』 六興出版
寺島文隆 1989 「古代・中世の製鉄遺跡（東日本）」『考古学ジャーナル』 NO 313
寺島文隆 1991 「東北地方」『日本古代の鉄生産』 六興出版
能登谷宣康 2005 「大会報告 4：金沢地区の古代鉄生産」 福島県考古学会
松井和幸 2001 「古代鉄生産論」『日本古代の鉄文化』 雄山閣
光永真一 1980 「キナザコ製鉄遺跡第 3 章第 3 節 考察」『古代吉備』 4
森浩一編 1974 『鉄』 社会思想社
村上恭通 1998 『倭人の鉄と考古学』 青木書店
村上恭通ほか 2006 『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する研究』
吉岡恭暢編 1994 「日本・韓国の鉄生産技術」『国立歴史民俗博物館研究報告』 第 58 集
和島誠一 1967 「製鉄技術」『日本の考古学』 VI河出書房
飯村 均 2006 『律令国家の対蝦夷政策』 新泉社